

NOVAS UTILIZAÇÕES DAS POTENCIALIDADES BIM – APOIO À MEDIÇÃO DE TRABALHOS REALIZADOS E PRODUÇÃO DE MODELOS AS-BUILT FIÁVEIS E RICOS EM INFORMAÇÃO PARA A FASE DE MANUTENÇÃO

Francisco M. Martins^{1*} e Nuno Cachadinha²

1: Departamento de Engenharia Civil
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa
Monte da Caparica, Portugal
e-mail: fmm17286@campus.fct.unl.pt, web: <http://www.fct.unl.pt>

2: Technion, Israel Inst. of Technology,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa
Monte da Caparica, Portugal
e-mail: ncachadinha@fct.unl.pt, web: <http://www.fct.unl.pt>

Palavras-chave: modelos as-built, autos de medição, modelos BIM 3D

Resumo. *As vantagens associadas à utilização do BIM nas diferentes fases do processo construtivo têm sido tema de estudo nos últimos anos. Entre várias áreas onde essas vantagens são evidentes, a utilização dos modelos BIM 3D na fase de exploração das construções é seguramente uma das mais importantes. Porém, surge a necessidade de ter modelos actualizados que garantam uma fiel correspondência entre o que foi construído e a informação contida no modelo, geralmente designados de modelos as-built.*

Uma vez criado na fase de projecto, o modelo BIM 3D permanece inalterado até ao final da obra, ignorando frequentemente todo um conjunto de alterações que, por variadas razões, são introduzidas ao projecto inicial. Surge assim a necessidade de encontrar mecanismos válidos que garantam a actualização dos modelos BIM 3D, transformando-os em modelos as-built.

Uma das formas de garantir a actualização dos modelos BIM 3D é a realização de autos de medição a partir desses mesmos modelos. Uma vez que este processo obriga a uma correspondência fiel entre os trabalhos executados e o modelo 3D, garante-se a necessária actualização do modelo. O objectivo do presente trabalho é, portanto, desenvolver um processo para execução de autos de medição de forma automática, com recurso a software BIM. Sendo este procedimento aceite por todos os intervenientes no processo construtivo (empregueiro, dono de obra e fiscalização), espera-se ainda que seja possível identificar vantagens face aos métodos tradicionais de execução de autos de medição.

Uma vez definido o processo, o mesmo será testado através de um caso de estudo. Pretende desta forma avaliar-se a sua validade na obtenção do efeito desejado, ou seja, comprovar que a sua implementação é a garantia de modelos BIM 3D sempre actualizados. Ao mesmo tempo, serão avaliadas as potenciais vantagens associadas à produção de autos de medição de forma automática, através da comparação deste método com os métodos tradicionais. No final, os resultados obtidos serão analisados, e formuladas as conclusões.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de modelos BIM 3D na fase de exploração dos edifícios tem sido apontada, ao longo dos últimos tempos, como uma das áreas onde o BIM apresenta maior potencial. Funcionando como bases de dados ricas em informação, os modelos BIM 3D permitem uma consulta rápida e precisa, ao mesmo tempo que podem ser actualizados sempre que sejam efectuadas alterações ao projecto. A actualização dos modelos, absolutamente necessária para que, em qualquer momento, a informação neles contida corresponda fielmente à realidade, é uma das principais dificuldades apontadas à utilização dos modelos BIM 3D na fase de exploração [1]. Torna-se assim fundamental o desenvolvimento de mecanismos que garantam que os modelos BIM 3D se encontrem sempre actualizados no decorrer do processo construtivo, funcionando como verdadeiros modelos *as built*.

Este artigo tem então os seguintes objectivos:

- 1- Provar conceptualmente que a produção de autos de medição com recurso a modelos BIM 3D garante que os mesmos se mantêm actualizados, e que serão, por isso, úteis na fase de exploração da construção.
- 2- Discutir as vantagens da produção de autos de medição de forma automática, com recurso a modelos BIM 3D. Em particular se esta é mais precisa, rápida e eficaz do que o método tradicional, reduzindo os conflitos entre empreiteiro, dono de obra e fiscalização, relacionados com a medição de quantidades.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Utilização do BIM no ciclo de vida das construções

A utilização do BIM nas diferentes fases do ciclo de vida das construções tem potenciado o surgimento de ferramentas informáticas, cada vez mais especializadas na resolução de problemas concretos do processo construtivo. Na fase de projecto, a visualização 3D foi desde o início um dos aspectos promissores desta nova metodologia permitindo que, de forma clara e objectiva, os intervenientes no processo construtivo pudessem ter uma ideia real da construção a executar. Porém, a utilização do BIM na fase de projecto não se limitou a esta capacidade, evoluindo para áreas como a detecção de conflitos, ligação com o planeamento através dos modelos 4D (modelos 3D com ligação ao cronograma de execução da obra), e orçamentação (através de modelos 5D, que resultam da ligação dos modelos 3D com o planeamento e informação de custos) [2].

Fruto de diversos estudos levados a cabo nos últimos anos, e da ambição de alargar a aplicação do BIM a outras áreas, surgiram naturalmente novas aplicações para esta metodologia. Durante a fase de construção, a visualização 3D passou a funcionar como uma eficiente ferramenta de comunicação entre os diversos intervenientes no processo construtivo. Com a possibilidade de visualização 3D do estado da construção em qualquer altura, fruto da ligação com o planeamento (modelos 4D) é também possível à direcção de obra perceber se os prazos de execução estão a ser efectivamente cumpridos. Para além destas áreas de aplicação, estudos recentes apontam no sentido da segurança em obra, através de análises de risco, controlo de equipas de pessoal, ou detecção espacial de conflitos entre equipamentos e o espaço físico existente [3]. Fruto da sua capacidade para armazenar informação, os modelos BIM são também utilizados como fonte única de consulta durante a fase de construção. Desde modo, eliminam-se consideravelmente os atrasos derivados da dispersão e dificuldade na consulta de informação.

2.2. Utilização de modelos BIM 3D na fase de exploração das construções - vantagens associadas

À medida que a utilização do BIM na fase de projecto e na fase de construção foi ganhando cada vez mais relevância, com novas funcionalidades e novas aplicações, a sua utilização na fase de exploração das construções rapidamente passou de um campo de pesquisa a uma realidade. Devido à sua capacidade para armazenar informação, não confinada apenas à representação 3D da arquitectura, os modelos BIM revelam-se uma ferramenta excelente em operações de manutenção e conservação [1]. O facto de poder ter-se acesso a toda a informação relativa à edificação através de uma só plataforma é garantia de fiabilidade, rapidez e precisão na consulta à informação. Deste modo, têm-se operações de manutenção e conservação também elas mais fiáveis, rápidas e precisas. Anos depois da conclusão de um projecto, os operadores responsáveis pela manutenção do edifício podem voltar a utilizar o modelo digital. Esta é uma vantagem derivada de uma ferramenta BIM dispor de uma “biblioteca de objectos” à disposição de qualquer interveniente [6] [7] [8].

2.3. Necessidade de actualização dos modelos 3D - modelos *as-built*

Uma das razões que mais se destaca da implementação BIM, reside na forma como se desenvolve todo o projecto e a automatização do processo de produção de toda a documentação, incluindo plantas, cortes, alçados, listagens de equipamentos, mapas de vãos e de acabamentos, entre outros [6] [9].

Os modelos BIM são criados, quase exclusivamente, durante a fase de projecto. Uma vez criados, os modelos mantêm-se inalterados, não contemplando muitas das alterações que, frequentemente, são introduzidas no projecto original. Para além disso, um conjunto importante de informações relacionadas, por exemplo, com o processo de montagem de equipamentos, deve ser anexada aos modelos para que, na fase de manutenção, os processos de reparação e substituição sejam facilitados. Assim, surge a necessidade de actualização dos modelos BIM 3D, transformando-os em verdadeiros modelos *as-built*. Uma vez satisfeita essa necessidade, tem-se a garantia de que esses modelos podem ser utilizados na fase de manutenção com toda a segurança, e que não vão haver diferenças entre a informação contida no modelo e o que foi realmente executado. Como o modelo BIM é um modelo que foi actualizado com todas as alterações feitas durante o processo de construção, fornece uma fonte precisa de informações sobre os espaços e sistemas, fornecendo assim um ponto de partida útil para a gestão e operação do edifício [6].

2.4. Problemas identificados nos métodos actuais de produção de autos de medição

A produção de autos de medição na construção tem sido, nos últimos anos, um processo exclusivamente manual. Baseado na observação visual dos técnicos, as quantidades executadas são medidas, registadas, e é então produzido um auto de medição. Uma vez que o processo construtivo envolve vários intervenientes (empregado, dono de obra e fiscalização), as quantidades medidas são, muitas vezes, motivo de desacordo entre as partes. Para tal, contribuem vários factores, sendo os critérios de medição um dos mais relevantes [5].

Em Portugal, não existe uma norma de medição oficial que seja seguida por todos. Desde a década de 70, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) tem procurado contribuir para a criação de uma norma de medição oficial para Portugal, semelhante às que vigoram noutros países. Foi então criado um documento, denominado “Regras de Medição em Construção”, documento esse que tem sido alvo de aperfeiçoamento ao longo dos anos [4]. Porém, o facto de não ser considerado uma norma oficial faz com que os critérios utilizados sejam variados. A diferença de critérios de medição entre as partes intervenientes no processo construtivo origina muitas vezes diferenças nas quantidades apuradas, sendo por isso motivo de conflitos.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho está definida do seguinte modo:

- 1- Análise conceptual baseada na revisão da literatura.
- 2- Proposta das linhas de orientação para a criação de um processo automático de produção de autos de medição, através de um software informático, e sua discussão

A primeira fase consiste em fazer uma revisão da bibliografia existente, tentando identificar, por um lado, os problemas que actualmente existem ligados à produção de autos de medição, e por outro, entender quais as dificuldades que os utilizadores dos modelos BIM encontram na sua utilização durante a fase de exploração das construções.

Seguidamente serão propostas linhas de orientação para a criação de um processo automático de produção de autos de medição assente numa plataforma BIM. Esse processo deverá ter a capacidade de, através da selecção de elementos 3D do modelo, gerar automaticamente as quantidades que alimentam o auto de medição. Ao mesmo tempo, deverá ser tão simples quanto possível, tentando deste modo agilizar o processo de produção de autos. Por fim, serão apresentadas as conclusões.

4. PROCESSO OPERATIVO DE PRODUÇÃO DE AUTOS DE MEDIÇÃO SOBRE MODELOS BIM 3D

4.1. Relação entre itens do mapa de quantidade de trabalhos e objectos 3D

Na primeira fase da criação do processo são definidos claramente quais os objectivos e avaliar as condicionantes associadas. As quantidades medidas para produção de autos de medição estão directamente relacionadas com os itens existentes no mapa de quantidade de trabalhos (MQT). Para que a medição de quantidades possa ser efectivamente realizada sobre modelos BIM 3D, é essencial que se tenha em linha de conta o MQT durante a fase de modelação, por forma a definir o nível de detalhe a que os elementos devem ser modelados. Todos os itens do MQT devem ter correspondência directa com um elemento 3D, pois só assim se consegue uma efectiva produção de autos de forma automática. A não correspondência entre estes dois aspectos, MQT e elementos 3D, compromete desde logo a simplicidade, precisão e fiabilidade que o processo deve ter. Considere-se o exemplo de um item do MQT denominado “Pintura de paredes interiores”. Este item vai influenciar directamente a modelação das paredes.

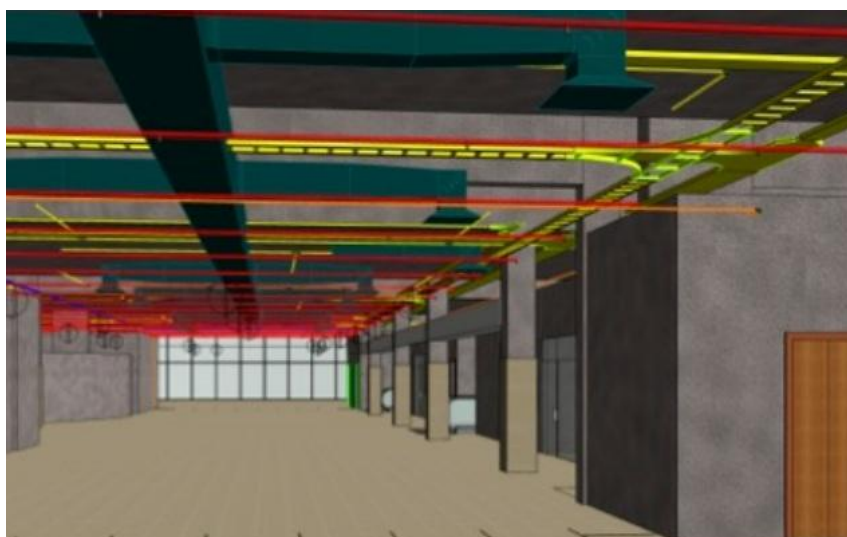
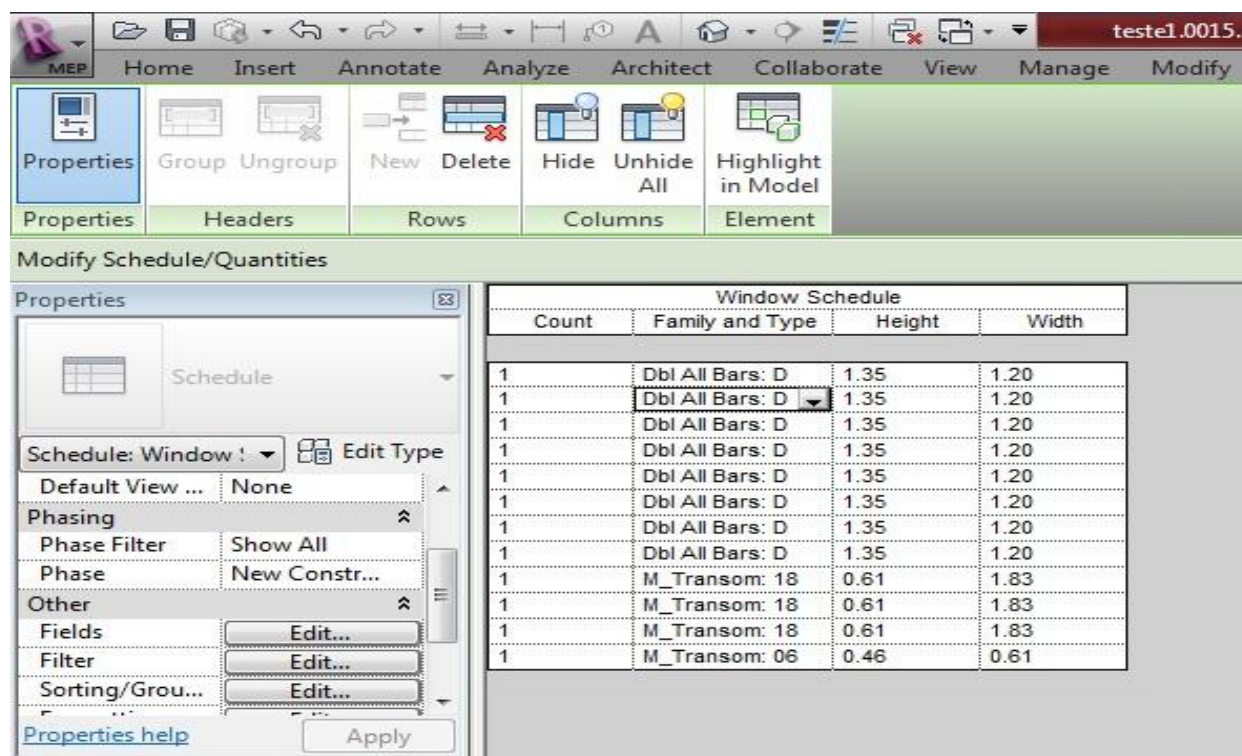


Figura 1. Exemplo de modelação 3D, com representação de infraestruturas (Revit MEP 2011) [6]

Será necessário garantir que as paredes, depois de modeladas, possuam o nível de detalhe adequado para que a medição da área pintada possa ser efectuada de forma directa. Se as paredes forem modeladas como um todo, quando pretendermos medir as quantidades executadas não estamos efectivamente a medir a área pintada mas a área de parede que foi concluída. Simplificadamente, estamos a exigir que o processo tenha em conta que a estrutura da parede pode estar concluída, mas a mesma pode ainda não estar pintada. Pelo contrário, itens como por exemplo “Fornecimento e montagem de sanitários” deverão ser representados de uma forma mais simples, apenas pelo elemento 3D “sanitário”. Temos então que o primeiro grande aspecto a ter em conta na fase de modelação é o nível de detalhe a que os elementos são representados, por forma a garantir a correspondência directa com o MQT.

4.2. Medição de quantidades parciais

Outro dos aspectos a ter em consideração na modelação 3D prende-se com as quantidades parciais, ou seja, os elementos que não estão totalmente concluídos mas que necessitam ser medidos. Temos como exemplo a colocação de pavimentos, ou a execução de um tecto falso. O momento em que o auto de medição é realizado nem sempre coincide com a conclusão total destes elementos. A modelação destes elementos deverá, assim, ter em consideração que no momento de produção do auto de medição estes podem não se encontrar totalmente completos, permitindo que seja medida uma percentagem do elemento concluído. Resumidamente, o processo operativo deverá ser capaz de medir quantidades parciais de elementos.



Count	Family and Type	Height	Width
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	Dbl All Bars: D	1.35	1.20
1	M_Transom: 18	0.61	1.83
1	M_Transom: 18	0.61	1.83
1	M_Transom: 18	0.61	1.83
1	M_Transom: 06	0.46	0.61

Figura 2. Tabela com a quantificação de elementos (REVIT MEP 2011)

Tendo em conta os objectivos e as condicionantes acima expostos, deverá obter-se um processo que

permita obter de forma rápida, simples, precisa e fiável as quantidades executadas em obra, produzindo automaticamente os autos de medição.

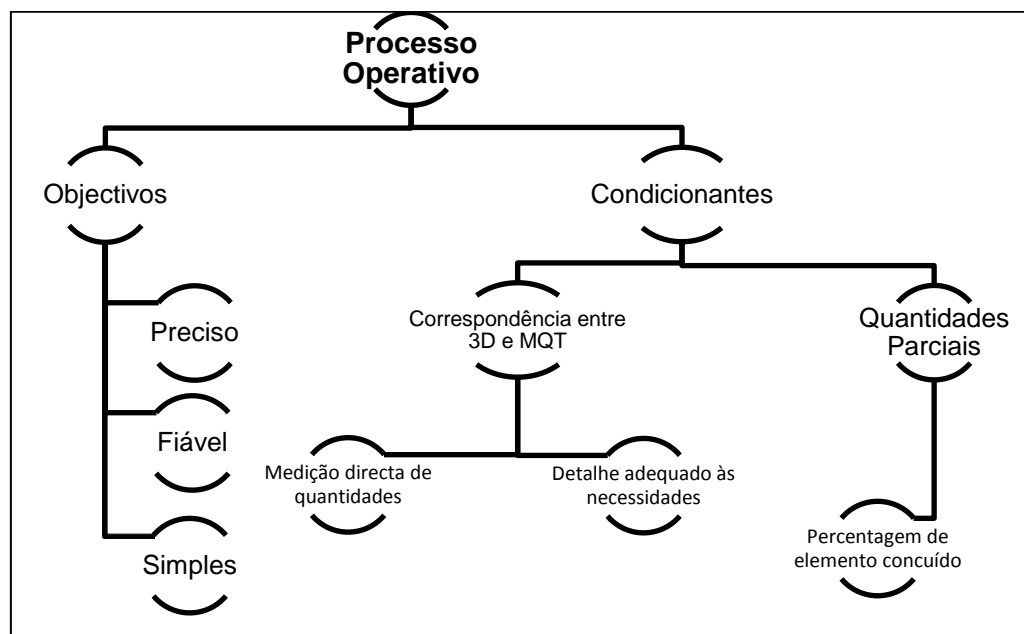


Figura 3. Objectivos e condicionantes do processo operativo de produção automática de autos de medição

5. ACTUALIZAÇÃO DOS MODELOS 3D

O objectivo de tornar os modelos BIM 3D em verdadeiros modelos *as-built* depende da efectiva actualização que esses modelos forem sofrendo ao longo do processo construtivo. As condicionantes impostas pelas condições existentes no local, restrições financeiras, ou simplesmente a das necessidades do próprio projecto fazem com que, frequentemente, sejam introduzidas alterações ao projecto original. Se essas alterações não forem sendo introduzidas também no modelo BIM 3D, a sua utilização na fase de exploração passa a ficar comprometida, uma vez que não representa de forma fiel o que foi construído.

A realização de autos de medição sobre modelos BIM 3D configura-se como uma forma eficaz de manter os modelos actualizados devido ao interesse que, quer empreiteiro, quer o dono de obra, têm nesse processo. O pagamento das facturas por parte do dono de obra ao empreiteiro assenta na informação contida nos autos de medição, sendo que, apenas os trabalhos medidos sobre a plataforma BIM actualizada são efectivamente pagos. Uma vez implementado o processo de produção de autos de medição sobre modelos BIM 3D, e aceite por todas as partes envolvidas, torna-se claro que o modelo deverá, a todo o momento, acompanhar os trabalhos executados, incluindo as alterações efectuadas. Só assim o empreiteiro vê traduzido em pagamentos todos os trabalhos executados, ao mesmo tempo que o dono de obra só paga o que foi efectivamente executado e é visível no modelo BIM. Sendo um interesse de todas as partes que os modelos se mantenham actualizados, tem-se a garantia de modelos *as-built* fiáveis e ricos em informação, potenciando a sua utilidade para a fase de exploração do edifício.

6. FUTUROS CAMPOS DE PESQUISA

Os estudos realizados até aqui permitem ter uma primeira ideia do caminho que deverá ser seguido na continuação deste estudo. Se é verdade que existe um documento nacional, produzido pelo LNEC, que sugere um conjunto de regras a utilizar nas medições de elementos construtivos, torna-se claro que, não existindo a obrigatoriedade legal de este ser seguido, surgem dificuldades na obtenção de um consenso quanto à forma como as quantidades são medidas. A criação de uma norma oficial de medição, que fosse posteriormente incorporada na metodologia BIM, seria um contributo decisivo na redução dos conflitos gerados pela medição de quantidades. Dono de obra, fiscalização e empreiteiro passariam a trabalhar sobre uma base comum, o que seria benéfico para todas as partes envolvidas.

7. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido até aqui permite identificar uma série de conclusões preliminares. A metodologia BIM, embora cada vez mais utilizada e desenvolvida, não está ainda a ser utilizada na sua máxima potencialidade. Se durante a fase de projecto os modelos BIM constituem actualmente óptimas ferramentas de visualização 3D, na fase de produção e exploração existem ainda numerosas potencialidades por explorar. É notório que para serem utilizados com sucesso na fase de exploração, os modelos BIM terão obrigatoriamente de ser verdadeiros modelos *as-built*. Sendo aceite pelo empreiteiro e dono de obra, o processo de produção automático de autos de medição sobre modelos BIM 3D é a garantia de verdadeiros modelos *as built*, por força do interesse das duas partes em que isso aconteça. Ao mesmo tempo, espera-se que a produção de autos seja feita de forma mais rápida e precisa, reduzindo substancialmente os conflitos entre os intervenientes no processo construtivo. Caso a validação assim o demonstre, a produção de autos de medição com recurso a modelos BIM 3D será a garantia de actualização dos modelos, ao mesmo tempo que se eliminam conflitos na medição de quantidades, e se produzem autos de forma mais rápida e precisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Goedert, J. e Meadati, P., "Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling", *J. Constr. Eng. Manage.*, 134(7), pp. 509–516, (2008).
- [2] Hartmann, T., Gao, J., e Fischer, M., "Areas of Application for 3D and 4D Models on Construction Projects", *J. Constr. Eng. Manage.*, 134(10), pp. 776–785, (2008).
- [3] Zhang J.P., Ma Z.Y. e Cheng Pu, "4D Visualization of Construction Site Management", *In Proceedings of the Fifth International Conference on Information Visualisation (IV '01)*, IEEE Computer Society, Washington DC, USA, (2001).
- [4] Fonseca, M.Santos, "Curso sobre Regras de Medição na Construção", 21ª edição, LNEC, Lisboa, (2011).
- [5] Mestre, R., "Regras de medição na construção - proposta de modelo para aplicação em Portugal para elementos secundários de cantaria, carpintaria e serralharia", Dissertação para obtenção do grau de mestre, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.
- [6] Clemente, J., "Sinergias BIM-Lean na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização - um caso de estudo". Dissertação para obtenção do grau de mestre, Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, Março de 2012.
- [7] Madsen, J., "Build Smarter, Faster, and Cheaper with BIM". *Building Magazine*, 102, 2008.
- [8] Kiviniemi, A., Tarandi, V., Karlshoj, R., Bell, H. e Karud, O., "Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM", *Erabuild Report*, 2008.
- [9] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. e Liston, K., "BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling", Wiley, 2011.